

10/505387
Rec'd PCT/PTO 3 - JAN 2006

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. September 2003 (12.09.2003)

PCT

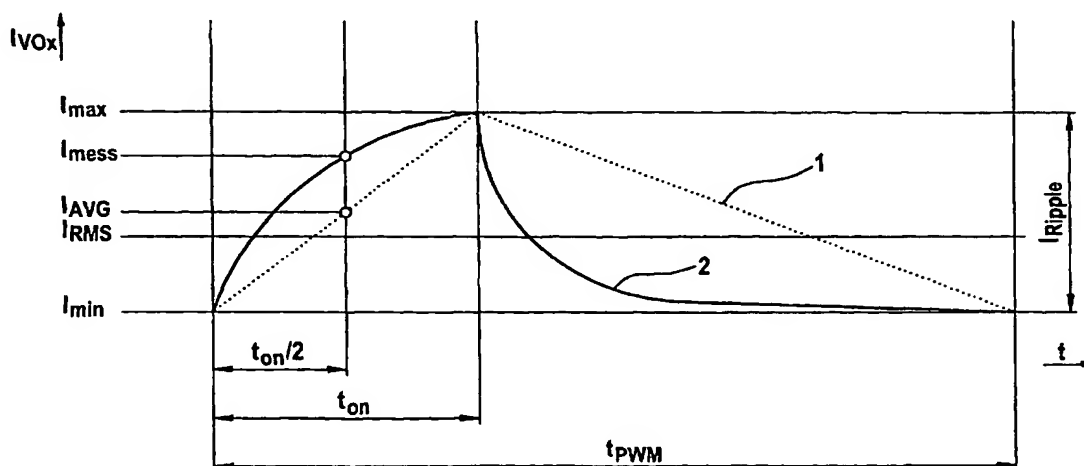
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/074338 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: B60T 8/36, H01F 7/18, H03K 17/64
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/01944
(22) Internationales Anmeldedatum: 26. Februar 2003 (26.02.2003)
(25) Einreichungssprache: Deutsch
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
(30) Angaben zur Priorität: 102 08 832.2 1. März 2002 (01.03.2002) DE
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG [DE/DE]; Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt/M. (DE).
(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ENGELMANN, Mario [DE/DE]; Birkenweg 52, 61449 Steinbach/Ts. (DE). OEHLER, Peter [DE/DE]; Adolf-Haeuser-Str. 18, 65929 Frankfurt-Höchst (DE).
(74) Gemeinsamer Vertreter: CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG; Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt/M. (DE).
(81) Bestimmungsstaaten (national): DE, JP, US.
(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, TR).
Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND CIRCUIT SYSTEM FOR CALIBRATING VOLTAGE AND TEMPERATURE DEVIATIONS OF THE EFFECTIVE CURRENT OF HYDRAULIC VALVES IN A PWM DRIVE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND SCHALTUNGSANORDNUNG ZUR KALIBRIERUNG VON SPANNUNGS- UND TEMPERATURABWEICHUNGEN DES EFFEKTIVSTROMS VON HYDRAULIKVENTILEN IN EINER PWM-ANSTEUERUNG



(57) Abstract: The invention relates to a method for reducing deviations between the effective current (I_{RMS}) and the measured current (I_{mess}) in a pulse-width modulated (PWM) current regulation system, particularly for electronic brake control devices in motor vehicles. According to the inventive method, the measured current (I_{mess}) is detected at a specific predefined moment in time within a triggering period (t_{PWM}) and compensation occurs by means of temperature-dependent and/or distribution voltage-dependent compensation variables which are added to the measured current (I_{mess}) such that a corrected set point current (I_{set}) is available for regulating the current. The invention also relates to a circuit system which triggers several inductive loads and comprises a circuit for PWM regulating the load current. The inventive method is carried out as a program in a microcomputer or microcomputer system that is electrically connected to the PWM circuit.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/074338 A1



— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verringerung von Abweichungen zwischen dem Effektivstrom (I_{RMS}) und dem gemessenen Strom (I_{mess}) in einer pulswertenmodulierten Stromregelung, insbesondere für elektronische Kraftfahrzeugbremsensteuergeräte, wobei der gemessene Strom (I_{mess}) zu einem bestimmten vorgegebenen Zeitpunkt innerhalb einer Ansteuerperiode (t_{PWM}) ermittelt wird und eine Kompensation durch temperaturabhängige und/oder versorgungsspannungsabhängige Ausgleichswerte erfolgt, welche zum gemessenen Strom (I_{mess}) hinzuaddiert werden, so dass ein korrigierter Sollstrom (I_{soll}) für die Stromregelung zur Verfügung steht. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Schaltungsanordnung zum Ansteuern von mehreren induktiven Lasten umfassend eine Schaltung zur PWM-Regelung des Laststroms, wobei das erfindungsgemäße Verfahren als Programm in einem Mikrorechner oder Mikrorechnersystem ausgeführt wird, welcher/welches mit der PWM-Schaltung elektrisch verbunden ist.

Verfahren und Schaltungsanordnung zur Kalibrierung von Spannungs- und Temperaturabweichungen des Effektivstroms von Hydraulikventilen in einer PWM-Ansteuerung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zur Kalibrierung von Spannungs- und Temperaturabweichungen des Effektivstroms von Hydraulikventilen in einer PWM-Ansteuerung gemäß den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 11.

Es ist bekannt, dass bei einer Ventilansteuerung mittels pulsweitenmoduliertem Strom (PWM-Stromregelung), zumindestens wenn das Verhältnis zwischen PWM-Frequenz und der Zeitkonstanten der Spule ungünstig ist, signifikante Unterschiede zwischen dem eingeregelter Sollstrom und dem Effektivstrom in der Spule auftreten. Es ist außerdem bekannt, dass Abhängigkeiten von äußeren Parametern, wie Versorgungsspannung und Temperatur, existieren.

Zum Beispiel fließt durch eine dauerhaft eingeschaltete induktive Last (z. B. Ventilschule) der (maximal mögliche) Strom

$$I_{100\%} = V_{REFx} / (R_L + R_{DSON-LS}). \quad (1)$$

Dieser Strom hängt demnach ab

- von der Spannung an der oberen Seite des Ventils, und somit indirekt von der im Kraftfahrzeug verfügbaren Batteriespannung an Klemme KL30B,

- 2 -

- vom Spulenwiderstand R_L sowie (in geringerem Maße) von dem on-Widerstand $R_{DSon-LS}$ des/der Halbleiterbauelements/-e, welche zur Ansteuerung der Last/-en eingesetzt werden. Beide Widerstände sind stark temperaturabhängig: Veränderungen von etwa 0,4 % pro 1 °C für den Lastwiderstand (das ist z. B. der Temperaturkoeffizient für Kupfer, reale Spulen haben eine etwas geringere Abhängigkeit) und 0,5 % pro 1 °C für $R_{DSon-LS}$ (z. B. Power-MOSFETs, realisiert auf einem Chip) sind typische Werte.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zum Treiben von Lasten anzugeben, welches Abweichungen von dem Sollstrom und dem in der Last fließenden Effektivstrom verringert.

Diese Aufgabe wird gelöst durch das Verfahren gemäß Anspruch 1 und die Schaltungsanordnung gemäß den Ansprüchen 11 und 12.

Unter einem Ausgleichswert nach der Erfindung wird ein Kompensationsstrom ΔI verstanden, welcher sowohl positive als auch negative Zahlenwerte annehmen kann.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Verringerung von Abweichungen zwischen dem Effektivstrom I_{RMS} und dem gemessenen Strom I_{mess} in einer pulsweitenmodulierten Stromregelung ist es bevorzugt, den gemessenen Strom I_{mess} bei der Hälfte der Einschaltzeit t_{on} innerhalb einer Ansteuerperiode t_{PWM} zu bestimmen.

- 3 -

Bevorzugt wird die Versorgungsspannungsabhängigkeit dadurch kompensiert, dass aus bestimmten diskreten Stützpunkten eine ventilspezifische Tabelle extrahiert wird, wobei besonders bevorzugt die diskreten Stützpunkte aus Wertepaaren, gebildet aus dem Sollstrom I_{soll} und der Versorgungsspannung V_{KL30B} , bestehen. Weiterhin bevorzugt werden Werte, welche zwischen den diskreten Stützpunkten liegen, durch Interpolation ermittelt.

Vorteilhafterweise wird die ventilspezifische Tabelle in einem Datenspeicher abgelegt, wobei es sich bevorzugt um einen nichtflüchtigen Datenspeicher handelt, welcher seine Daten auch nach dem Abschalten der Zündung behält.

Es ist bevorzugt, dass die Ausgleichswerte für jede Last, insbesondere für jede Ventilschule, separat festgelegt, bzw. in einer Tabelle gespeichert sind.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels an Hand von Figuren.

Es zeigen

Fig. 1 den Unterschied von Strommessung bei PWM-Ansteuerung zum mittleren Strom und dem Effektivstrom,

Fig. 2 zeigt die Differenz des gemessenen Stroms zum Effektivstrom für ein typisches Hydraulikventil, und

Fig. 3 die Differenz des gemessenen Stroms zum Effektivstrom für ein typisches Hydraulikventil relativ zur

- 4 -

Differenz, die bei einer Versorgungsspannung von 12 V und einer Temperatur von 25 °C vorhanden ist.

In Fig. 1 ist der Stromverlauf an einer Ventilschule über der Zeit t aufgetragen. Bei einer Stromregelung mittels PWM-Ansteuerung stellt sich ein mittlerer Strom

$$I_{AVG} = DC * I_{100\%} = DC * V_{REFx} / (R_L + R_{DSon-LS}) \quad (2)$$

ein, wobei DC das Tastverhältnis (*Duty Cycle*) der PWM-Ansteuerung angibt. Die Funktionsweise einer erfindungsgemäß einsetzbaren PWM-Regelung wurde bereits in der Internationalen Patentanmeldung PC/EP 0 115 040 beschrieben. Die Gleichheit gilt streng genommen nur bei einer Ansteuerung mittels Geraden 1 oder mit idealen e-Funktionen.

Für eine Stromregelung muss der aktuelle Spulenstrom bei einer bestimmten Zeit, dargestellt durch das Symbol @ ("at"), z. B. bei der Hälfte der Einschaltzeit t_{on} gemessen werden. Der Regler stellt demnach einen gemessenen Strom I_{mess} von

$$I_{mess} = I(@ t_{on}/2) = I_{soll} \quad (3)$$

ein. Der gemessene Strom I_{mess} entspricht dem mittleren Strom I_{AVG} nur bei Ansteuerung durch Geraden. Bei einer Ansteuerung mit idealen e-Funktionen (entspricht einer Spule ohne Eisenkern) ist der zum Zeitpunkt $t_{on}/2$ gemessene Strom I_{mess} höher, als der mittlere Strom I_{AVG} . Bei einer Stromregelung eines Ventils ist jedoch letztlich der Effektivstrom I_{RMS} von Interesse, der noch etwas niedriger liegt als der mittlere Strom I_{AVG} . Bei einem Ventil, welches vereinfacht als Spule mit einem Eisenkern dargestellt werden kann, kommt es zusätzlich zu Sättigungseffekten (Hysterese), wodurch sich Nichtlinea-

- 5 -

ritäten ergeben, wie aus dem Verlauf der Stromkurve 2 deutlich wird. Hieraus resultiert eine weitere Abweichung zwischen dem Effektivstrom I_{RMS} und dem gemessenen Strom I_{mess} . Es gilt also näherungsweise

$$I_{\text{so11}} = I_{\text{AVG}} = DC * V_{\text{REFx}} / (R_L + R_{\text{Dson-LS}}). \quad (4)$$

Diese Gleichung ist umso genauer, je höher die PWM-Frequenz liegt.

Fig. 2 zeigt die Differenz zwischen dem gemessenen Strom I_{mess} und dem Effektivstrom I_{RMS} für das elektromagnetische Ventil eines elektronischen Bremsensteuergerätes, aufgetragen über den Sollstrom I_{so11} , für verschiedene Spannungen an KL30B und verschiedene Spulentemperaturen. Mit wachsendem Sollstrom I_{so11} nimmt die Differenz ab: Dies resultiert daraus, dass der Stromregler beginnt, in die Sättigung zu gelangen (d. h. der Duty Cycle beträgt etwa 100 %).

Eine erste Kompensation ist noch relativ einfach, um nämlich die Abhängigkeit vom Sollstrom I_{so11} zu eliminieren. Für einen bestimmten Sollstrom I_{so11} wird eine dem Diagramm zu entnehmende Stromdifferenz hinzuaddiert. Dies gelingt nur für eine bestimmte Spannung und eine bestimmte Temperatur. Beispiel: Sollwert-Kompensation bei $V_{\text{KL30B}} = 12 \text{ V}$ und $T = 25 \text{ °C}$ (Kurve 3). Um einen Effektivstrom $I_{\text{RMS}} = 1 \text{ A}$ zu erreichen wird ein Sollstrom $I_{\text{so11}} = 1 \text{ A} + 62,5 \text{ mA}$ vorgegeben.

Fig. 3: Um Abhängigkeiten von der Spannung und der Temperatur zu erfassen, ist es sinnvoll, die Abweichung der Kurven aus Fig. 2 von einer Referenzkurve (bei $V_{\text{KL30B}} = 12 \text{ V}$ und $T = 25 \text{ °C}$) darzustellen (siehe Abbildung 3). Man erkennt, dass bei z. B. einem Sollstrom $I_{\text{so11}} = 1,1 \text{ A}$ eine maximale Span-

- 6 -

nungsabhängigkeit von $-37,5 \text{ mA}$ / $+29 \text{ mA}$ bei einer Spannungsvariation von etwa 9 V bis etwa $16,5 \text{ V}$ über einer konstanten Temperatur von $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ herrscht. Umgekehrt kann man bei einer Temperaturvariation von etwa $-40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ bis etwa $180 \text{ }^{\circ}\text{C}$ über eine konstante Spannung von 12 V eine maximale Temperaturabhängigkeit von $+10,5 \text{ mA}$ / $-25,5 \text{ mA}$ bei einem Sollstrom $I_{\text{soll}} = 1,1 \text{ A}$ ablesen. Diese beiden Abhängigkeiten addieren sich nicht einfach linear, denn in den beiden Eckpunkten $\{17 \text{ V}, -40 \text{ }^{\circ}\text{C}\}$ und $\{9 \text{ V}, 180 \text{ }^{\circ}\text{C}\}$ werden für $1,1 \text{ A}$ lediglich Abweichungen von $+30,5 \text{ mA}$ / $-49,5 \text{ mA}$ erreicht. Der Einfluss der Spannung ist aber signifikant größer als der der Temperatur.

Aus Fig. 3 wird für eine Kompensation der Spannungsabhängigkeit eine (ventilspezifische) Tabelle erzeugt. Hierzu werden bestimmte diskrete Stützpunkte verwendet, welche jeweils aus einem Wertepaar $\{I_{\text{soll}}, V_{\text{KL30B}}\}$ bestehen, wobei zu jedem Wertepaar $\{I_{\text{soll}}, V_{\text{KL30B}}\}$ jeweils ein Kompensationsstrom ΔI zur Sollwert-Anpassung abgelegt wird. Zwischenwerte werden durch Interpolation ermittelt. Es soll z. B. eine Erhöhung des Sollstromes I_{soll} von 200 mA auf 1000 mA bei einer Spannung von 9 V am Ventil und einer Temperatur von 180° C , entspricht der Kurve 19 in Fig. 3, erfolgen. Um den Sollstrom $I_{\text{soll}} = 1000 \text{ mA}$ zu erreichen, wird ein Kompensationsstrom $\Delta I = -45 \text{ mA}$ zu dem Sollstrom $I_{\text{soll}} = 1000 \text{ mA}$ hinzuaddiert. Da das Ventil aber, aufgrund seiner Zeitkonstanten, der Vorgabe des Sollstroms verzögert folgt, wird zur Kompensation anfangs nur ein Kompensationsstrom $\Delta I = -10 \text{ mA}$ vorgegeben. Dies entspricht der Stromkompensation bei $I_{\text{soll}} = 200 \text{ mA}$. Hierdurch wird der Stromverlauf am Ventil dem Verlauf der Kurve 19 angepasst. Weiterhin wird der Kompensationsstrom ΔI entsprechend dem Verlauf der Kurve 19 bis zum Erreichen des Sollstroms $I_{\text{soll}} = 1000 \text{ mA}$ nachgeführt.

- 7 -

Um Schwankungen bzw. Sprünge der Versorgungsspannung (z. B. an KL30B) auszugleichen, ist es bevorzugt eine Mittelung über die aktuelle Spannungsmessung und vergangene Werte durchzuführen.

Zur Kompensation der Temperaturabhängigkeit erfolgt eine indirekte Erfassung der Temperatur über den von der Stromregelung eingestellten *Duty Cycle*. Aus Gleichung (4) folgt

$$R_L + R_{Dson-LS} = (DC * V_{REFx}) / I_{soll}. \quad (5)$$

Diese Formel besagt, dass für den aktuellen *Duty Cycle* letztlich nur der Spulenwiderstand R_L (und der *on*-Widerstand $R_{Dson-LS}$) verantwortlich ist; die Spulentemperatur erscheint nur indirekt. Deshalb ist es zunächst sinnvoll, die Daten aus Abbildung 3 in eine Abhängigkeit des Spulenwiderstandes R_L (und des *on*-Widerstandes $R_{Dson-LS}$) umzurechnen:

$$\begin{aligned} R_L(T) &= R_L(@T_{Bezug}) * (1 + \alpha_{Spule} * (T_{aktuell} - T_{Bezug})) \text{ bzw.} \\ R_{Dson-LS}(T) &= R_{Dson-LS}(@T_{Bezug}) * (1 + \alpha_{Ron} * (T_{aktuell} - T_{Bezug})). \end{aligned} \quad (6)$$

In Gleichung (6) werden die temperaturabhängigen Werte des Spulenwiderstandes $R_L(T)$ und des *on*-Widerstandes $R_{Dson-LS}(T)$ unter Berücksichtigung bekannter Widerstandswerte $R_L(@T_{Bezug})$, $R_{Dson-LS}(@T_{Bezug})$ bei einer Bezugstemperatur T_{Bezug} bestimmt. Hierzu werden die bekannten Widerstandswerte $R_L(@T_{Bezug})$, $R_{Dson-LS}(@T_{Bezug})$ mit Korrekturfaktoren multipliziert. Diese Korrekturfaktoren setzen sich im wesentlichen aus Temperaturkoeffizienten (α_{Spule} , α_{Ron}) und einer Temperaturdifferenz zwischen der aktuellen Temperatur $T_{aktuell}$, welche aus dem aktuellen *Duty Cycle* ermittelt wird, und der Bezugstemperatur T_{Bezug} zusammen. Hierbei beschreibt α_{Spule} die Temperaturabhängigkeit

- 8 -

des verwendeten Spulenmaterials und α_{Ron} die Temperaturabhängigkeit des *on*-Widerstandes $R_{\text{Dson-LS}}$. Der *on*-Widerstand $R_{\text{Dson-LS}}$ stellt den parasitären Widerstand eines Schalters dar, wobei dieser Schalter in Form eines, auf einem Halbleiterchip realisierten, MOSFET-Transistor verwirklicht ist. Es ist auch möglich, diese benötigte Schaltfunktion auf andere Weise, z. B. Relais-, Bipolar-Technik etc., zu erzielen. Die Abhängigkeit auf $R_L + R_{\text{Dson-LS}}$ und nicht auf die Temperatur zu beziehen hat außerdem den Vorteil, dass unterschiedliche Temperaturen im Ventil und im Halbleiterchip richtig erfasst werden, da im aktuellen *Duty Cycle* diese unterschiedlichen Temperaturen implizit enthalten sind.

In einer Tabelle wird wiederum für Wertepaare $\{I_{\text{so11}}, R_L + R_{\text{Dson-LS}}\}$ jeweils ein ΔI zur Sollwert-Anpassung abgelegt. Hier ist eine zusätzliche Kalibrierung sinnvoll, da Gleichung (4) nur näherungsweise gilt. Es bietet sich an, den *Duty Cycle* bei einem konkreten Ventil und Referenzwerten (z. B. $I_{\text{so11}} = 1$ A, Temp. = 25 °C, $V_{\text{KL30B}} = 12$ V) zu messen und die Tabelle mittels eines entsprechenden Offsets umzurechnen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verringerung von Abweichungen zwischen dem Effektivstrom (I_{RMS}) und dem gemessenen Strom (I_{mess}) in einer pulsweitenmodulierten Stromregelung, insbesondere für elektronische Kraftfahrzeugbremsensteuergeräte, dadurch **gekennzeichnet**, dass der gemessene Strom (I_{mess}) zu einem bestimmten vorgegebenen Zeitpunkt innerhalb einer Ansteuerperiode (t_{PWM}) ermittelt wird und eine Kompensation durch temperaturabhängige und/oder versorgungsspannungsabhängige Ausgleichswerte erfolgt, welche zum gemessenen Strom (I_{mess}) hinzuaddiert werden, so dass ein korrigierter Sollstrom (I_{soll}) für die Stromregelung zur Verfügung steht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Versorgungsspannungsabhängigkeit kompensiert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Ausgleichswerte tabellarisch, insbesondere in einem Datenspeicher, abgelegt sind.
4. Verfahren nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass mehrere Lasten angesteuert werden und die Ausgleichswerte individuell für jede Last, insbesondere für jede Ventilschule, festgelegt sind.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch **gekennzeichnet**, dass für Temperaturen und/oder Versorgungsspannungen, welche zwischen zwei Tabellenwerten liegen, zur Ermittlung des optimalen Ausgleichswertes

- 10 -

eine Interpolation durchgeführt wird.

6. Verfahren nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass eine Mittelung über den aktuellen Sollwert und vergangener Sollwerte vorgenommen wird, um Sollwertsprünge auszugleichen.
7. Verfahren nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Temperatur indirekt über den von der Stromregelung eingestellten Duty Cycle ermittelt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch **gekennzeichnet**, dass zur Temperaturermittlung die Summe (R_{AVG}) aus Spulenwiderstand (R_L) und Widerstand des angeschalteten Halbleiterbauelements zum Treiben der Last ($R_{DSon-LS}$) herangezogen wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch **gekennzeichnet**, dass für die Temperaturmessung bzw. die Ermittlung des indirekten Temperaturwertes die Duty Cycles mehrerer PWM-Perioden (t_{PWM}) gemittelt werden.
10. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch **gekennzeichnet**, dass unmittelbar nach dem Einschalten, insbesondere nach Zündungsneustart, für den Mittelwert der indirekt ermittelten Temperaturgröße (R_{AVG}) der nominale Widerstandswert der Spule bei der aktuell gemessenen oder geschätzten Steuergerättemperatur verwendet wird.
11. Schaltungsanordnung zum Ansteuern von mehreren indukti-

- 11 -

ven Lasten umfassend eine Schaltung zur PWM-Regelung des Laststroms, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 10 als Programm in einem Mikrorechner oder Mikrorechnersystem ausgeführt wird, welcher/welches mit dem PWM-Schaltung elektrisch verbunden ist.

12. Schaltungsanordnung zum Ansteuern von mehreren induktiven Lasten umfassend eine Schaltung zur PWM-Regelung des Laststroms, insbesondere nach Anspruch 11, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 10 zumindest zum Teil durch digitale Logik realisiert ist.

Fig. 1

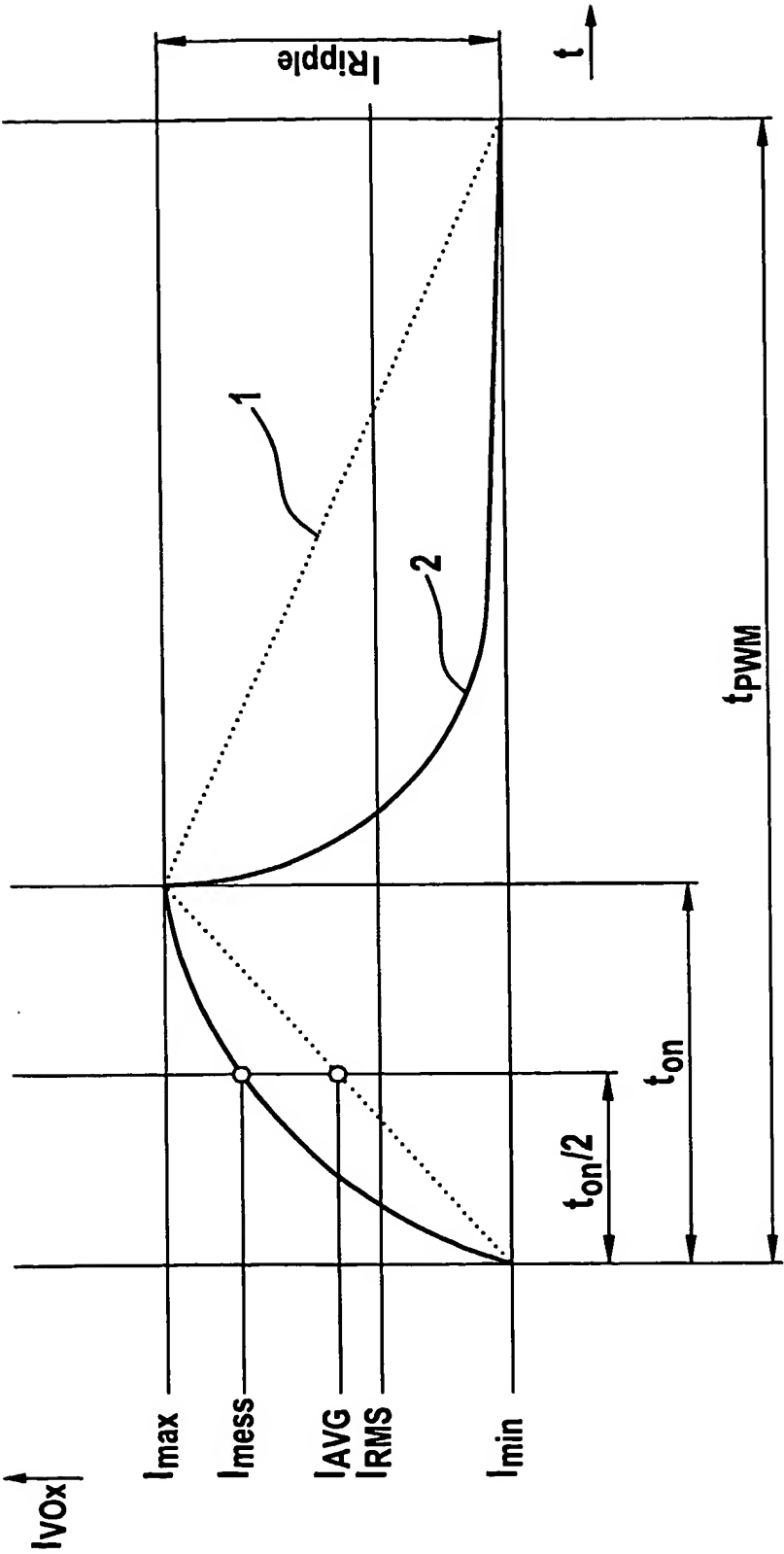


Fig. 2

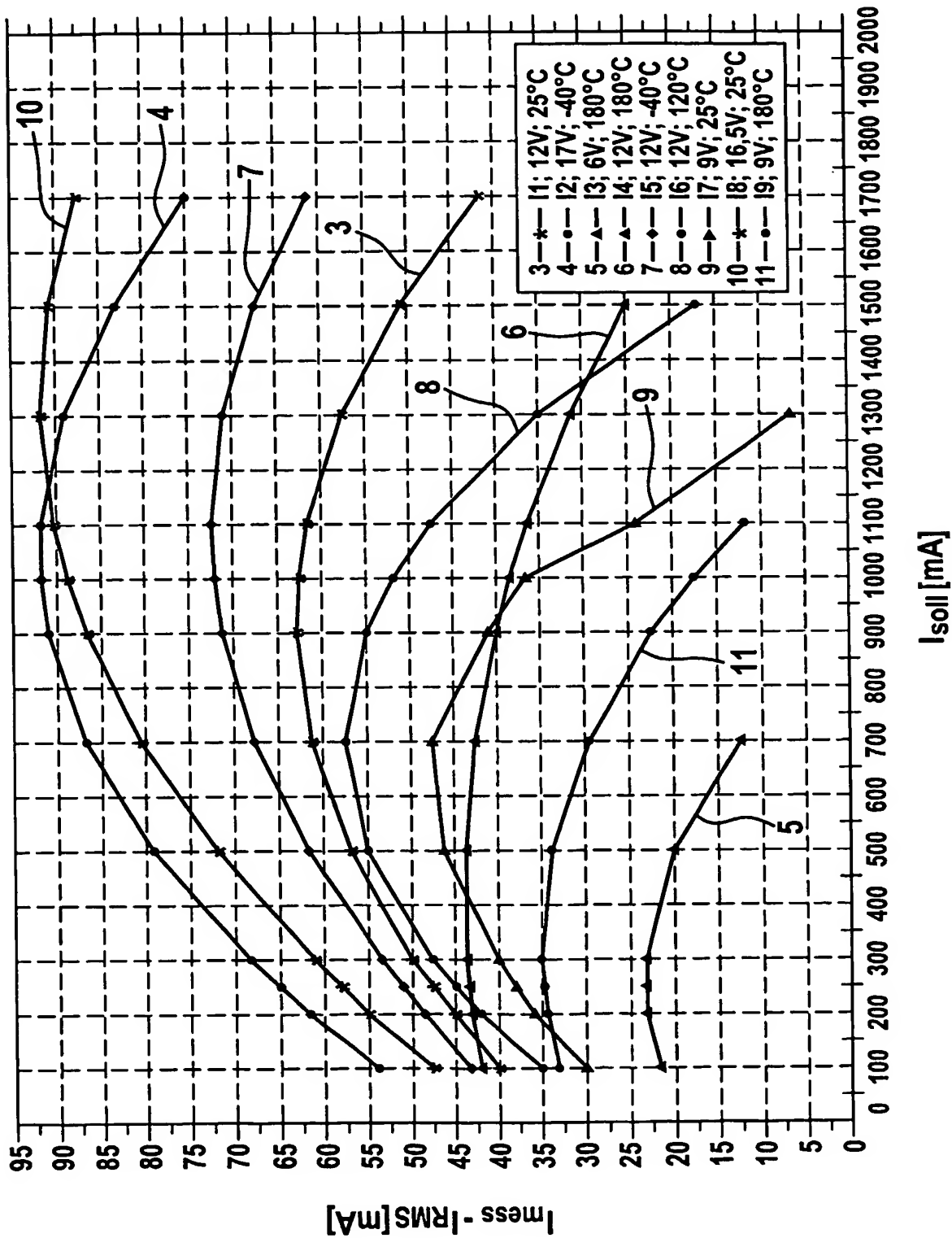
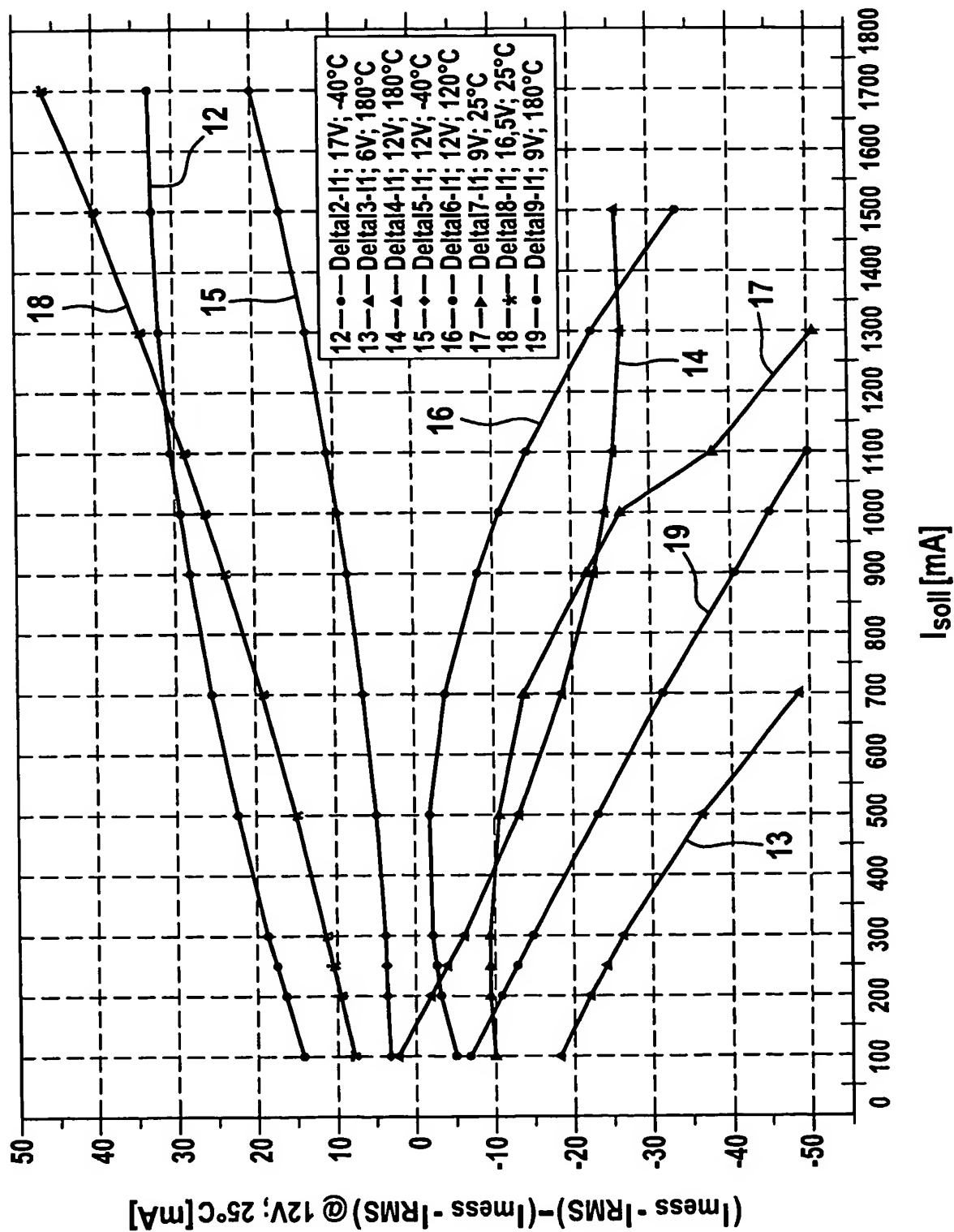


Fig. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/01944

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B60T8/36 H01F7/18 H03K17/64

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B60T H01F H03K F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 779 631 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 18 June 1997 (1997-06-18) page 21, line 18 -page 21, line 37 page 28, line 35 -page 31, line 59; figures 20,21,27	1,2,6,7, 9,11,12
Y	---	3,5,8,10
X	EP 1 065 678 A (ATSUGI UNISIA CORP) 3 January 2001 (2001-01-03) page 11, paragraph 113 page 11, paragraph 116 page 12, paragraph 133 -page 14, paragraph 154; figure 10 --- -/--	1-4,6,7, 11,12



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 July 2003

Date of mailing of the international search report

07/08/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Marx, W

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/01944

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 641 700 A (CROWN EQUIP CORP) 8 March 1995 (1995-03-08) column 4, line 13 -column 5, line 11 column 6, line 13 -column 6, line 52; figures 2,3 ---	1-3,11, 12
Y	DE 42 41 121 A (ATLAS FAHRZEUGTECHNIK GMBH) 1 July 1993 (1993-07-01) page 2, line 13 -page 2, line 15 ---	3,5
Y	EP 0 636 869 A (SIEMENS AG) 1 February 1995 (1995-02-01) page 2, line 56 -page 4, line 18 ---	8,10
A	DE 197 27 765 A (CUMMINS ENGINE CO INC) 15 January 1998 (1998-01-15) page 5, line 40 -page 6, line 57 ---	1-12
A	DE 37 29 183 A (REXROTH MANNESMANN GMBH) 9 March 1989 (1989-03-09) column 3, line 50 -column 3, line 64 -----	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/01944

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0779631	A	18-06-1997	JP 9162031 A EP 0779631 A2	20-06-1997 18-06-1997
EP 1065678	A	03-01-2001	EP 1065678 A1 US 6322166 B1 WO 0044007 A1 JP 2000277328 A	03-01-2001 27-11-2001 27-07-2000 06-10-2000
EP 0641700	A	08-03-1995	DE 69415242 D1 DE 69415242 T2 EP 0641700 A1 ES 2125414 T3 US 5509509 A	28-01-1999 01-07-1999 08-03-1995 01-03-1999 23-04-1996
DE 4241121	A	01-07-1993	DE 4241121 A1	01-07-1993
EP 0636869	A	01-02-1995	EP 0636869 A1 DE 59309309 D1 JP 7092033 A US 5645352 A	01-02-1995 25-02-1999 07-04-1995 08-07-1997
DE 19727765	A	15-01-1998	US 5771861 A CN 1180788 A ,B DE 19727765 A1 GB 2314946 A ,B JP 3377409 B2 JP 10068349 A	30-06-1998 06-05-1998 15-01-1998 14-01-1998 17-02-2003 10-03-1998
DE 3729183	A	09-03-1989	DE 3729183 A1	09-03-1989

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/01944

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B60T8/36 H01F7/18 H03K17/64

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B60T H01F H03K F02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 779 631 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 18. Juni 1997 (1997-06-18) Seite 21, Zeile 18 -Seite 21, Zeile 37 Seite 28, Zeile 35 -Seite 31, Zeile 59; Abbildungen 20,21,27	1,2,6,7, 9,11,12
Y	---	3,5,8,10
X	EP 1 065 678 A (ATSUGI UNISIA CORP) 3. Januar 2001 (2001-01-03) Seite 11, Absatz 113 Seite 11, Absatz 116 Seite 12, Absatz 133 -Seite 14, Absatz 154; Abbildung 10 ---	1-4,6,7, 11,12
	---	-/--



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. Juli 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07/08/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Marx, W

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/01944

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 641 700 A (CROWN EQUIP CORP) 8. März 1995 (1995-03-08) Spalte 4, Zeile 13 -Spalte 5, Zeile 11 Spalte 6, Zeile 13 -Spalte 6, Zeile 52; Abbildungen 2,3 ---	1-3,11, 12
Y	DE 42 41 121 A (ATLAS FAHRZEUGTECHNIK GMBH) 1. Juli 1993 (1993-07-01) Seite 2, Zeile 13 -Seite 2, Zeile 15 ---	3,5
Y	EP 0 636 869 A (SIEMENS AG) 1. Februar 1995 (1995-02-01) Seite 2, Zeile 56 -Seite 4, Zeile 18 ---	8,10
A	DE 197 27 765 A (CUMMINS ENGINE CO INC) 15. Januar 1998 (1998-01-15) Seite 5, Zeile 40 -Seite 6, Zeile 57 ---	1-12
A	DE 37 29 183 A (REXROTH MANNESMANN GMBH) 9. März 1989 (1989-03-09) Spalte 3, Zeile 50 -Spalte 3, Zeile 64 -----	1-12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/01944

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0779631 A	18-06-1997	JP 9162031 A EP 0779631 A2	20-06-1997 18-06-1997
EP 1065678 A	03-01-2001	EP 1065678 A1 US 6322166 B1 WO 0044007 A1 JP 2000277328 A	03-01-2001 27-11-2001 27-07-2000 06-10-2000
EP 0641700 A	08-03-1995	DE 69415242 D1 DE 69415242 T2 EP 0641700 A1 ES 2125414 T3 US 5509509 A	28-01-1999 01-07-1999 08-03-1995 01-03-1999 23-04-1996
DE 4241121 A	01-07-1993	DE 4241121 A1	01-07-1993
EP 0636869 A	01-02-1995	EP 0636869 A1 DE 59309309 D1 JP 7092033 A US 5645352 A	01-02-1995 25-02-1999 07-04-1995 08-07-1997
DE 19727765 A	15-01-1998	US 5771861 A CN 1180788 A ,B DE 19727765 A1 GB 2314946 A ,B JP 3377409 B2 JP 10068349 A	30-06-1998 06-05-1998 15-01-1998 14-01-1998 17-02-2003 10-03-1998
DE 3729183 A	09-03-1989	DE 3729183 A1	09-03-1989